

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-184600

(43)Date of publication of application : 28.06.2002

(51)Int.Cl.

H05H 13/10

G01T 1/29

H05H 7/08

(21)Application number : 2000-377462

(71)Applicant : SUMITOMO HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 12.12.2000

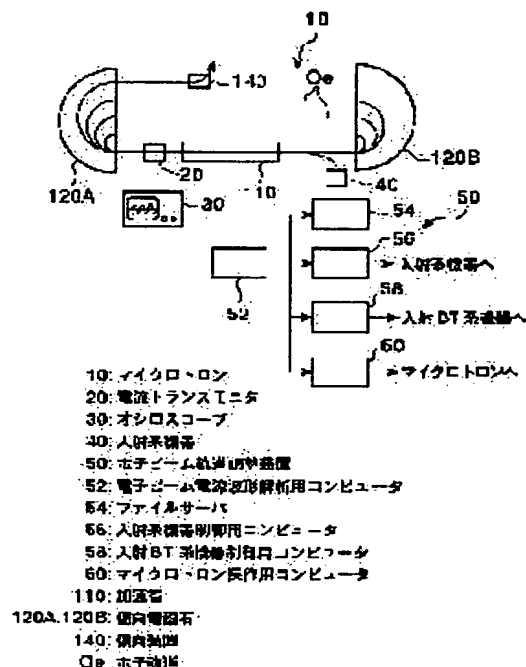
(72)Inventor : KAWAMURA KAYOKO

(54) ELECTRON BEAM ORBIT CONTROL UNIT AND ELECTRON BEAM ORBIT CONTROL METHOD OF MICROTRON

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electron beam orbit control unit and an electron beam orbit control method of a microtron, by which the microtron, an incident system instrument and an incident BT system instrument can be quickly controlled without depending on the skill of an operator.

SOLUTION: The electron beam orbit control unit comprises a current monitor 20 arranged coaxially with an accelerating tube 100, an electron beam current waveform determining device 30 for determining a signal from the current monitor 20 with time, an electron beam current waveform analyzer 52 for analyzing the current waveform of an electron beam sent from the electron beam current waveform determining device 30, an incident system instrument control unit 56 for controlling an incident system instrument 40 on the basis of the analyzed result of the electron beam current waveform by the electron beam current waveform analyzer 52, an incident BT system instrument control unit 58 for controlling an incident BT system instrument on the basis of the analyzed result of the current waveform likewise, a microtron control unit 60 for controlling a microtron on the basis of the analyzed result of the current waveform likewise, and an analysis recording device for storing the analysis information of the electron beam current waveform, the control information of the incident system instrument 40, the control information of the incident BT system instrument and the control information of the microtron 10.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-184600

(P2002-184600A)

(43)公開日 平成14年6月28日 (2002.6.28)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 5 H 13/10

H 0 5 H 13/10

2 G 0 8 5

G 0 1 T 1/29

G 0 1 T 1/29

B 2 G 0 8 8

H 0 5 H 7/08

H 0 5 H 7/08

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2000-377462(P2000-377462)

(22)出願日 平成12年12月12日 (2000.12.12)

(71)出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(72)発明者 河村 佳代子

東京都田無市谷戸町2丁目1番1号 住友

重機械工業株式会社田無製造所内

(74)代理人 100109575

弁理士 高橋 陽介 (外1名)

Fターム(参考) 2G085 AA20 BA01 BA05 BA13 BA14

CA02 CA15 CA16 CA22 CA24

CA26 CA27

2G088 EE30 FF13 GG25 GG30 JJ01

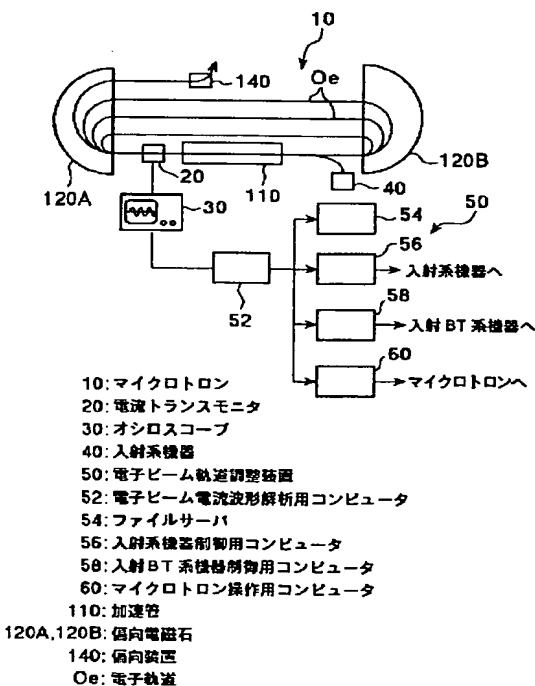
KK02 KK24

(54)【発明の名称】 マイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置及び電子ビーム軌道調整方法

(57)【要約】

【課題】 オペレータの習熟度に依存しないで、速やかにマイクロトロンや入射系機器及び入射BT系機器を制御できるマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置及び電子ビーム軌道調整方法を提供する。

【解決手段】 加速管110と同軸的に配置される電流モニタ20と、電流モニタ20からの信号を経時的に測定する電子ビーム電流波形測定装置30と、電子ビーム電流波形測定装置30から送られる電子ビームの電流波形を解析する電子ビーム電流波形解析装置52と、電子ビーム電流波形解析装置52による電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて入射系機器40を制御する入射系機器制御装置40と、同じく電流波形の解析結果に基づいて入射BT系機器を制御する入射BT系機器制御装置58と、同じく電流波形の解析結果に基づいてマイクロトロン10を制御するマイクロトロン制御装置60と、電子ビームの電流波形の解析情報と入射系機器40の制御情報と入射BT系機器の制御情報とマイクロトロン10の制御情報を記憶する解析記録装置とを備えた構成とした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 極短パルスの電子ビームを発生する電子銃を具備した入射系機器と、マイクロ波電力を入力して電子を加速する加速管と、電子軌道を偏向する偏向電磁石と、電子ビーム軌道を補正するステアリング電磁石を具備した入射BT系機器とを備え、前記加速管に電子を複数回入射させて、所望のエネルギーまで加速するようにしたマイクロトロンにおいて、

前記加速管と同軸的に配置され、非破壊で電子ビームの電流及びこの電流の時間波形を計測する電流モニタと、前記電流モニタからの信号を経時的に測定する電子ビーム電流波形測定装置と、

前記電子ビーム電流波形測定装置から送られる電子ビームの電流波形を解析する電子ビーム電流波形解析装置と、

前記電子ビーム電流波形解析装置による電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて前記入射系機器を制御する入射系機器制御装置と、

前記電子ビーム電流波形解析装置による電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて前記入射BT系機器を制御する入射BT系機器制御装置と、

前記電子ビーム電流波形解析装置による電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて前記マイクロトロンを制御するマイクロトロン制御装置とを備えたことを特徴とするマイクロトロン

【請求項2】 極短パルスの電子ビームを発生する電子銃を具備した入射系機器と、マイクロ波電力を入力して電子を加速する加速管と、電子軌道を偏向する偏向電磁石と、電子ビーム軌道を補正するステアリング電磁石を具備した入射BT系機器とを備え、前記加速管に電子を複数回入射させて、所望のエネルギーまで加速するようにしたマイクロトロンにおいて、

前記加速管と同軸的に配置され、非破壊で電子ビームの電流及びこの電流の時間波形を計測する電流モニタと、前記電流モニタからの信号を経時的に測定する電子ビーム電流波形測定装置と、

前記電子ビーム電流波形測定装置から送られる電子ビームの電流波形を解析する電子ビーム電流波形解析装置と、

前記電子ビーム電流波形解析装置による電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて前記入射系機器を制御する入射系機器制御装置と、

前記電子ビーム電流波形解析装置により電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて前記入射BT系機器を制御する入射BT系機器制御装置と、

前記電子ビーム電流波形解析装置により電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて前記マイクロトロンを制御するマイクロトロン制御装置と、

前記電子ビーム電流波形解析装置による電子ビームの電流波形の解析情報と入射系機器制御装置による入射系機

器の制御情報と入射BT系機器制御装置による入射BT系機器の制御情報とマイクロトロン制御装置によるマイクロトロン

の制御情報を記憶する解析記録装置とを備えたことを特徴とするマイクロトロン

の電子ビーム軌道調整装置。

【請求項3】 上記電流モニタとして、トロイダルコアを備えた電流トランスモニタを用いるようにしたことを特徴とする請求項1又は2に記載のマイクロトロン

の電子ビーム軌道調整装置。

【請求項4】 上記電子ビーム電流波形測定装置として、オシロスコープを用いるようにしたことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載のマイクロトロン

の電子ビーム軌道調整装置。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれかに記載のマイクロトロンにおいて、制御の調整が必要な機器を抽出し、その機器をマイクロトロン

のオペレータに通知する機能を備えるようにしたことを特徴とするマイクロトロン

の電子ビーム軌道調整装置。

【請求項6】 請求項2乃至4のいずれかに記載のマイクロトロンにおいて、前記電子ビーム電流波形解析装置による電子ビームの電流波形の解析結果が、正常な電流波形と所定の範囲内で一致しないと判断したときは、

前記解析記録装置に記憶された電流波形と前記電子ビーム電流波形測定装置により測定された電流波形と比較し、

これらの電流波形が所定の範囲内で一致する場合は、この解析結果に対応して前記解析記録装置に記憶されていた入射系機器制御装置による入射系機器の制御情報で入射系機器を、入射BT系機器制御装置による入射BT系機器の制御情報で入射BT系機器を、マイクロトロン制御装置によるマイクロトロン

の制御情報でそれぞれ制御し、

これらの電流波形が所定の範囲内で一致しない場合、或いは、前記解析記録装置に存在しない場合、電子ビームの電流波形が、正常な電流波形と一致するように、入射系機器制御装置により入射系機器を、入射BT系機器制御装置により入射BT系機器を、マイクロトロン制御装置によりマイクロトロンをそれぞれ制御し、

これらの電子ビームの電流波形の解析結果及び各制御装置の制御情報を前記解析記録装置に記録し、電子ビームが所定軌道を通過するようにしたことを特徴とするマイクロトロン

の電子ビーム軌道調整方法。

【請求項7】 請求項5に記載のマイクロトロン

の電子ビーム軌道調整装置を備えたマイクロトロンにおいて、前記電子ビーム電流波形解析装置による電子ビームの電流波形の解析結果が、正常な電流波形と所定の範囲内で一致しないと判断したときは、

前記解析記録装置に記憶された電流波形と前記電子ビ

ム電流波形測定装置により測定された電流波形と比較し、これらの電流波形が所定の範囲内で一致する場合は、この解析結果に対応して前記解析記録装置に記憶されていた入射系機器制御装置による入射系機器の制御情報で入射系機器を、入射BT系機器制御装置による入射BT系機器の制御情報で入射BT系機器を、マイクロトロン制御装置によるマイクロトロンの制御情報でそれぞれ制御し、

これらの電流波形が所定の範囲内で一致しない場合、或いは、前記解析記録装置に存在しない場合、電子ビームの電流波形が、正常な電流波形と一致するように、入射系機器制御装置により入射系機器を、入射BT系機器制御装置により入射BT系機器を、マイクロトロン制御装置によりマイクロトロンをそれぞれ制御し、

かつ、制御の調整が必要な機器を抽出し、その機器をマイクロトロンのオペレータに通知し、

これらの電子ビームの電流波形の解析結果及び各制御装置の制御情報を前記解析記録装置に記録し、

電子ビームが所定軌道を通過するようにしたことを特徴とするマイクロトロンの電子ビーム軌道調整方法。

【請求項8】 上記電子ビームを単パンチで加速した場合の請求項6又は7に記載のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、パルスの時間幅が、周回時間に比べて十分に短い、例えば、ナノ秒($1\text{ n秒} = 10^{-9}\text{ s}$)以下程度の極短パルスの電子ビームを加速するマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置及び電子ビーム軌道調整方法に関する。

【0002】

【従来の技術】先ず、マイクロトロンについて、図7を用いて説明する。図7は、マイクロトロンの基本構成及びこのマイクロトロンによって加速される電子ビームのモニタシステムの配置を示す平面図である。

【0003】図7に示すように、このタイプのマイクロトロン100の主要構成は、マイクロ波(高周波)電力を入力して電子を加速する加速管110と、一様磁場を発生させて電子ビームの軌道を偏向して、複数回、加速管110に入射させるようにした1対の偏向電磁石120A、120Bである。また、130は、熱陰極型の電子銃で、図示しない入射電磁石系を経由させて、所定のエネルギーで、マイクロトロン100に、パルス状の電子ビームを入射させる。なお、マイクロトロン100の入射機器系は、主要構成として、電子銃130とこの入射電磁石系を備えた構成である。

【0004】次に、マイクロトロン100によって、電子ビームを加速する方法について、図7を参照して簡単に説明する。このタイプのマイクロトロン100に用い

る熱陰極型の電子銃130では、カソードを加熱して熱電子を発生させ、アノードに高周波を印加し、この熱電子を電場の作用で引き出し、パルス状の電子ビームを生成する。

【0005】図7に示すように、電子銃130からマイクロトロン100の電子軌道Oe上に所定のエネルギーで入射された電子ビームは、加速管110により、一定のエネルギー分加速される。加速管110は、入射した電子を高周波電力で加速するように、高周波の周波数や位相及び設置位置が調整されている。

【0006】加速管110で加速され、この加速管110を出射した電子ビームは、電磁石120Aに入射し、電磁石120Aで生成されている一様磁場により進行方向を反転させられる。また、同様に、電磁石120Aにより進行方向を反転させられた電子ビームは、電磁石120Aと対向配置された電磁石120Bにより再度進行方向を反転させられ、結果的に、レーストラック型の周回軌道Oeを描いて、再び加速管110に入射して更に加速される。

【0007】再度加速管110で加速された電子は、運動エネルギーが増大しているために、質量が増大して、一様磁場中で曲がりにくくなり、図7に示すように、電磁石120A、120Bの一様磁場中で、前回よりも大きな曲率半径の周回軌道Oeを描いて再度加速管110に入射し、加速される。

【0008】このような加速方法を複数ターン(図示のものでは4ターン)繰り返して、電子ビームが所望のエネルギーまで加速されたところで、偏向装置140により、電子シンクロトロン等の他のデバイスに向けて電子ビームが田射される。なお、図7では、図示説明の煩雑さを避けるために、加速ターンが4回のもので示されているが、実際の装置では、一例として、25ターン、1ターン毎に6MeV加速され、出射エネルギーが約150MeVで、マイクロトロン100より出射される。

【0009】この図7に示すタイプのマイクロトロン100における、電子ビームのモニタ方法は、電子がその進行方向を偏向される際に、接線方向に放射するシンクロトロン放射光(以下、「SR光」という。)という電磁波を放出するという性質を利用して、このSR光を測定できる位置に、CCDカメラのようなSR光モニタ200を設置し、このSR光を観測することにより、レーストラック型の軌道Oeを周回する各ターンの電子ビームをモニタするというものである。

【0010】また、このタイプのマイクロトロン100の他の電子ビームのモニタ方法としては、熱陰極型の電子銃130が生成する電子ビームのパルスの時間幅は、数 $\mu\text{秒}$ ($1\mu\text{秒} = 10^{-6}\text{ s}$)程度であり、電子がマイクロトロン100を周回する時間は、数ナノ〜数10ナノ程度であるので、電子ビームのパルス幅は、周回時間よりも可成り長い。このような状況では、周回している電

子ビームの電流をモニタすると、測定したマクロなパルス波形上に、各ターンの電流量が重畳されてくるので、各ターン毎に電子ビームをストップで止めて、その差分を測定するという方法も採られている。

【0011】しかし、上述した図7に示すタイプのマイクロトロン100の電子ビームのモニタ方法において、SR光を測定する方法では、SR光の波長及び強度は電子のエネルギーに依存し、加速が不十分で、運動エネルギーが小さい最初の数ターンでは、十分な強度のSR光が得られず、モニタが困難であるという問題を備えていた。また、SR光の測定感度が劣り、周回している電子量を測定する定量的評価の点でも劣るという問題を備えていた。

【0012】一方、各ターン毎に重畳されてくる電子の差分を測定する方法では、測定毎に電子ビームが消滅してしまい、破壊的なモニタ方法であること、また、各ターン毎にビームを止めるストップが必要であり、測定が煩雑であるという問題を備えていた。また、各ターンの周回軌道に、電流モニタを取り付けるようにすると、非破壊でモニタが可能であるが、各ターン毎に独立の計測系が必要で、費用が嵩むほか、測定労力が過大になるという問題を備えている。

【0013】これらの問題を解決するために、特願2000-206277号で、フォトカソード電子銃のように、カソードに、時間幅が数ピコ秒～数10ピコ秒（1ピコ秒＝ 10^{-12} s）のレーザー光を照射して、光電子をアノードで引き出し、時間幅が数ピコ秒～数10ピコ秒の、電子の周回時間に比べて十分に短いパルス状の電子ビームを生成して、透過率を向上したマイクロトロンの電子ビームモニタ方法が開示されている。このマイクロトロンの電子ビームのモニタ方法について、図8を用いて簡単に説明する。図8は、この形態の電子ビームのモニタ方法を適用するマイクロトロンの主要構成を示す平面図である。

【0014】この改良されたマイクロトロン10の特徴は、まず、パルス状の極短電子ビームを入射する電子銃としてフォトカソード型の電子銃を備えた入射機器40を用いていることである。次に、加速管110から出射した電子の電流量を計測する電流モニタとしては、トロイダルコアを備えた電流トランスモニタを用い、電流トランスモニタ20からの電子ビームの電流波形信号を経時的に測定する電子ビーム電流波形測定装置として、オシロスコープ30を用いている。この形態の電子ビームのモニタ系は、加速管110と同軸的に配置される電流トランスモニタ20及びオシロスコープ30で構成される。なお、オシロスコープ30で測定される電子ビームの電流波形については後に詳述する。

【0015】次に、この形態のマイクロトロンの電子ビームの電流モニタ方法について、図8を用いて説明する。まず、フォトカソード型の電子銃40から、電子ビ

ームのレーストラック型の周回軌道Oeの周回周期（数ナノ～数10ナノ秒）よりも、十分短い、パルス状の極短電子ビーム（パルス幅：5～10ピコ秒）が生成され、マイクロトロン10に、図示しない入射電磁石系により入射される。

【0016】電子ビームはマイクロトロン10に入射後、従来のマイクロトロン100同様に、加速管110で加速され、この加速管110と同軸的に配置される電流トランスモニタ20に入射する。このとき、電子ビームが電流トランスモニタ20を通過するときの信号がオシロスコープ30に送られる。

【0017】図8に示すように、電子ビームは偏向装置140により、外部デバイスに出射されるまで、複数ターン（図示のものでは4ターン）、レーストラック型の周回軌道Oeを周回するが、上述したように、電子ビームの時間幅が周回周期よりも十分に短く、電子ビームの電流信号が重なり合うことがなく、電流トランスモニタ20を通過する毎に、信号が単発でオシロスコープ30に送られる。

【0018】図8に模式的に示しているが、オシロスコープ30では、この信号を経時的に解析できるので、各ターン毎の電流信号を識別できる。また、各ターンの電子ビームの電流値はオシロスコープ30に現れた波高値から算出できる。従って、オシロスコープ30には、1ターン目から最終ターンまで、総てのターンの電流値をモニタすることができる。また、電子ビームは電流トランスモニタ20による影響を殆ど受けないので、電子ビームを消滅させることなく、非破壊でモニタすることができる。

【0019】次に、この形態のマイクロトロンの電子ビームのモニタ方法に用いる電流トランスモニタ20について、図9を用いて補足説明する。図9は、電流トランスモニタ20の動作原理を示す概略構成図である。この電流トランスモニタ20は、通常、一般にCTモニタといわれ、パルスビームの電流測定に広く用いられているものである。電流トランスモニタ20は、図9に示すように、フェライト等の磁性体のトロイダルコイル22と、同軸ケーブル24と抵抗Rより構成され、電子ビームの電流を i_0 、トロイダルコイル22の巻数を n とすると、電子ビームがトロイダルコイル22を通過する際に、 $i_0 \cdot n$ に相当する信号を発生する。

【0020】次に、マイクロトロン10の電子ビーム軌道調整方法について簡単に補足説明する。マイクロトロン10で加速される電子ビームは種々の原因により、所定の設計軌道を通過せず、ビームダクト等と接触して電流量が減衰したり、消滅してしまう場合がある。また、入射時に入射系機器とマイクロトロン10とが同期せず、電子が直ぐに消滅してしまう場合がある。

【0021】これを防ぐために、電子ビームの減衰、消滅に対しては、各ターンの直線軌道上に、励磁電流で磁

場を励磁して、磁場の作用で電子ビーム軌道を補正するステアリング電磁石（図示せず）を主要構成とした入射BT系機器を制御して、随時、ビームをモニタしながら、電子ビームの軌道を調整するようにしている。また、電子が直ぐに消滅してしまう場合も、ビームをモニタしながら、入射系機器を制御して電子ビームの入射タイミングを調整している。なお、入射系機器と入射BT系機器とは表現上紛らわしいが、入射系機器とは、マイクロトロンに入射させる電子源等の機器系統を意味し、入射BT系機器とは、マイクロトロンを電子シンクロトロン等の他のデバイスへの入射器に用いた場合のステアリング電磁石やその励磁電源等の軌道補正用の機器系統を意味するもので、他のデバイスにおけるBT系機器と区別するものである。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来のマイクロトロン電子ビーム軌道調整方法では、極短パルス幅の電子ビームを加速する際に、マイクロトロンオペレータが、オシロスコープで電流モニタからの信号を観測しながら、電子銃とマイクロトロンとの同期等の入射系機器の制御を、あるいは、各ターンにおけるステアリング電磁石の励磁電流量の調整等の入射BT系機器の制御を、又は、マイクロトロン加速管への高周波電力の供給量の制御を行なうようにしていた。

【0023】しかし、このようなマイクロトロン電子ビーム軌道調整方法では、ある程度オペレータの習熟が必要であり、オペレータの熟練度により電子ビーム軌道の調整時間に差が出てしまうという問題がある。また、マイクロトロン運転開始状況により、オシロスコープの画面上に新規の電子ビームの信号波形が出現して、この新規な信号波形に対応して、入射系機器の制御或いは入射BT系機器の制御を行う場合、制御情報を記録する手段がなかったために、制御情報が蓄積されず、オペレータの記憶便りとなり、制御に手間取るという問題もあった。

【0024】更に、従来のマイクロトロン電子ビーム軌道調整方法では、マイクロトロンを設置する毎に熟練したオペレータを配置せざるおえず、マイクロトロン初期投資コストや維持コストが増大するという問題も備えていた。

【0025】本発明は、上記課題（問題点）を解決し、オペレータの習熟度に依存しないで、速やかにマイクロトロンや入射系機器及び入射BT系機器を制御できるマイクロトロン電子ビーム軌道調整装置及び電子ビーム軌道調整方法を提供することを目的とする。

【0026】

【課題を解決するための手段】本発明のマイクロトロン電子ビーム軌道調整装置は、上記課題を解決するために、請求項1に記載のものでは、極短パルス電子ビームを発生する電子銃を具備した入射系機器と、マイクロ

波電力を入力して電子を加速する加速管と、電子軌道を偏向する偏向電磁石と、電子ビーム軌道を補正するステアリング電磁石を具備した入射BT系機器とを備え、前記加速管に電子を複数回入射させて、所望のエネルギーまで加速するようにしたマイクロトロンにおいて、前記加速管と同軸的に配置され、非破壊で電子ビームの電流及びこの電流の時間波形を計測する電流モニタと、前記電流モニタからの信号を経時的に測定する電子ビーム電流波形測定装置と、前記電子ビーム電流波形測定装置から送られる電子ビームの電流波形を解析する電子ビーム電流波形解析装置と、前記電子ビーム電流波形解析装置による電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて前記入射系機器を制御する入射系機器制御装置と、前記電子ビーム電流波形解析装置による電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて前記入射BT系機器を制御する入射BT系機器制御装置と、前記電子ビーム電流波形解析装置による電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて前記マイクロトロンを制御するマイクロトロン制御装置とを備えた構成とした。

【0027】このように構成すると、オペレータの習熟度に依存しないで、速やかにマイクロトロンと入射系機器、入射BT系機器及びマイクロトロンを制御できるマイクロトロン電子ビーム軌道調整装置とすることができ

【0028】請求項2に記載のマイクロトロン電子ビーム軌道調整装置は、極短パルス電子ビームを発生する電子銃を具備した入射系機器と、マイクロ波電力を入力して電子を加速する加速管と、電子軌道を偏向する偏向電磁石と、電子ビーム軌道を補正するステアリング電磁石を具備した入射BT系機器とを備え、前記加速管に電子を複数回入射させて、所望のエネルギーまで加速するようにしたマイクロトロンにおいて、前記加速管と同軸的に配置され、非破壊で電子ビームの電流及びこの電流の時間波形を計測する電流モニタと、前記電流モニタからの信号を経時的に測定する電子ビーム電流波形測定装置と、前記電子ビーム電流波形測定装置から送られる電子ビームの電流波形を解析する電子ビーム電流波形解析装置と、前記電子ビーム電流波形解析装置による電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて前記入射系機器を制御する入射系機器制御装置と、前記電子ビーム電流波形解析装置により電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて前記入射BT系機器を制御する入射BT系機器制御装置と、前記電子ビーム電流波形解析装置により電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて前記マイクロトロンを制御するマイクロトロン制御装置と、前記電子ビーム電流波形解析装置による電子ビームの電流波形の解析情報と入射系機器制御装置による入射系機器の制御情報と入射BT系機器制御装置による入射BT系機器の制御情報とマイクロトロン制御装置によるマイクロトロン制御情報を記憶する解析記録装置とを備えた構成と

した。

【0029】このように構成すると、上記効果の他に、電子ビームの電流波形を解析してそれに対応する制御情報を解析記録装置から出力して、即座にマイクロトロンや入射BT系機器及び入射系機器を制御できる。或いは、解析記録装置に記録されていない電子ビームの電流波形が測定された場合は、電子ビーム軌道を調整した後、その制御情報が解析記録装置に記憶されるので、調整情報が逐次蓄積され、電子ビーム軌道調整が徐々に簡易かつ高速化することができる。

【0030】請求項3に記載のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置は、上記電流モニタとして、トロイダルコアを備えた電流トランスモニタを用いるように構成した。

【0031】このように構成すると、電流モニタとして好適なモニタを備えた、マイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置とすることができる。

【0032】請求項4に記載のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置は、上記電子ビーム電流波形測定装置として、オシロスコープを用いるように構成した。

【0033】このように構成すると、電子ビーム電流波形測定装置として好適なものを備えた、マイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置とすることができる。

【0034】請求項5に記載のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置は、請求項1乃至4のいずれかに記載のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置において、制御の調整が必要な機器を抽出し、その機器をマイクロトロンのオペレータに通知する機能を備えるように構成した。

【0035】このように構成すると、一層迅速な対応が可能なマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置とすることができる。

【0036】請求項6に記載のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整方法は、請求項2乃至4のいずれかに記載のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置を備えたマイクロトロンにおいて、前記電子ビーム電流波形解析装置による電子ビームの電流波形の解析結果が、正常な電流波形と所定の範囲内で一致しないと判断したときは、前記解析記録装置に記憶された電流波形と前記電子ビーム電流波形測定装置により測定された電流波形と比較し、これらの電流波形が所定の範囲内で一致する場合は、この解析結果に対応して前記解析記録装置に記憶されていた入射系機器制御装置による入射系機器の制御情報で入射系機器を、入射BT系機器制御装置による入射BT系機器の制御情報で入射BT系機器を、マイクロトロン制御装置によるマイクロトロンの制御情報でそれぞれ制御し、これらの電流波形が所定の範囲内で一致しない場合、或いは、前記解析記録装置に存在しない場合、電子ビームの電流波形が、正常な電流波形と一致するように、入射系機器制御装置により入射系機器を、入射B

T系機器制御装置により入射BT系機器を、マイクロトロン制御装置によりマイクロトロンをそれぞれ制御し、これらの電子ビームの電流波形の解析結果及び各制御装置の制御情報を前記解析記録装置に記録し、電子ビームが所定軌道を通過するようにした構成とした。

【0037】このように構成すると、オペレータの習熟度に依存しないで、速やかにマイクロトロンや入射系機器、入射BT系機器及びマイクロトロンを制御できるマイクロトロンの電子ビーム軌道調整方法とすることができる。また、電子ビームの電流波形を解析してそれに対応する制御情報を解析記録装置から出力して、即座にマイクロトロンや入射BT系機器及び入射系機器を制御できる。或いは、解析記録装置に記録されていない電子ビームの電流波形が測定された場合は、電子ビーム軌道を調整した後、その制御情報が解析記録装置に記憶されるので、調整情報が逐次蓄積され、電子ビーム軌道調整が徐々に簡易かつ高速化することができる。

【0038】請求項7に記載のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整方法は、請求項5に記載のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置を備えたマイクロトロンにおいて、前記電子ビーム電流波形解析装置による電子ビームの電流波形の解析結果が、正常な電流波形と所定の範囲内で一致しないと判断したときは、前記解析記録装置に記憶された電流波形と前記電子ビーム電流波形測定装置により測定された電流波形と比較し、これらの電流波形が所定の範囲内で一致する場合は、この解析結果に対応して前記解析記録装置に記憶されていた入射系機器制御装置による入射系機器の制御情報で入射系機器を、入射BT系機器制御装置による入射BT系機器の制御情報で入射BT系機器を、マイクロトロン制御装置によるマイクロトロンの制御情報でそれぞれ制御し、これらの電流波形が所定の範囲内で一致しない場合、或いは、前記解析記録装置に存在しない場合、電子ビームの電流波形が、正常な電流波形と一致するように、入射系機器制御装置により入射系機器を、入射BT系機器制御装置により入射BT系機器を、マイクロトロン制御装置によりマイクロトロンをそれぞれ制御し、かつ、制御の調整が必要な機器を抽出し、その機器をマイクロトロンのオペレータに通知し、これらの電子ビームの電流波形の解析結果及び各制御装置の制御情報を前記解析記録装置に記録し、電子ビームが所定軌道を通過するように構成した。

【0039】このように構成すると、一層迅速な対応が可能なマイクロトロンの電子ビーム軌道調整方法とすることができる。

【0040】請求項8に記載のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整方法は、請求項6又は7に記載のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整方法において、電子ビームを単パンチで加速した場合とした。

【0041】このようにすると、電子ビームの各ターン毎の電流測定が容易になり、定量的評価の信頼性を向上

させることができる。

【0042】

【発明の実施の形態】本発明の電子ビーム軌道調整装置（以下、簡単のために「調整装置」とのみいう場合がある。）及び電子ビームの軌道調整方法（以下、同様に「調整方法」とのみいう場合がある。）について、図1乃至図6を用いて説明する。

【0043】まず、本発明のマイクロトロン10の電子ビーム軌道調整装置の基本構成について、図1を用いて説明する。図1は、本発明のマイクロトロン10の電子ビーム軌道調整装置50の各構成の配置を示す平面図である。なお、図1において、図8に示した同一の構成については、同一の符号を付し、その説明は省略する。

【0044】図1に示すように、本発明の電子ビーム軌道調整装置50は、電流モニタとして電流トランスモニタ（CTモニタ）20と、電子ビーム電流波形測定装置としてオシロスコープ30と、電子ビーム電流波形解析装置として電子ビーム電流波形解析用コンピュータ52と、入射系機器制御装置として入射系機器制御用コンピュータ56と、入射BT系機器制御装置として入射BT系機器制御用コンピュータ58と、解析記録装置としての機能を兼ねたファイルサーバ54と、マイクロトロン制御装置として、その機能を兼ねたマイクロトロン操作コンピュータ60を備えた構成である。

【0045】上述したように、従来のもの同様、電流トランスモニタ20は、加速管110と同軸的に配置され、非破壊で電子ビームの電流及びこの電流の時間波形を計測する。また、オシロスコープ30は電流トランスモニタ20からの信号を経時的に測定する。

【0046】一方、本発明のマイクロトロン10の電子ビーム軌道調整装置50では、電子ビーム電流波形解析用コンピュータ52は、オシロスコープ30から送られてくる電子ビームの電流波形測定結果を解析し、入射系機器制御用コンピュータ56は、この電子ビーム電流波形解析用コンピュータ52による電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて入射系機器40を制御する。同様に、入射BT系機器制御用コンピュータ58は、電子ビーム電流波形解析用コンピュータ52による電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて、入射BT系機器（図示せず）の主としてステアリング電磁石の励磁電流量を制御する。

【0047】また、マイクロトロン操作コンピュータ60は通常のマイクロトロン10本体を操作するだけでなく、電子ビーム電流波形解析用コンピュータ52による電子ビームの電流波形の解析結果に基づいて、マイクロトロン10を制御する機能を兼ね備えている。更に、ファイルサーバ54には、通常のマイクロトロン10の制御用プログラムやコマンド等のデータベースが記録されているだけでなく、オシロスコープ30による電子ビームの電流波形の解析結果とそのときの入射系機

器制御用コンピュータ56による入射系機器40の制御情報と、入射BT系機器制御用コンピュータ58による入射BT系機器の制御情報と、マイクロトロン10の各構成の制御情報が記憶されている。

【0048】次に、本発明のマイクロトロン10の電子ビーム軌道調整装置50において、電子ビームの電流波形をオシロスコープ30により測定する方法について、図1及び図3を用いて説明する。まず、フォトカソード型の電子銃（図示せず）から、電子ビームのレーストラック型の周回軌道Oeの周回周期（数ナノ〜数10ナノ秒）よりも、十分短い、パルス状の極短電子ビーム（パルス幅：5〜10ピコ秒）が生成され、マイクロトロン10に、入射機器系40より入射される。

【0049】従来技術での説明通り、電子ビームはマイクロトロン10に入射後、加速管110で加速され、この加速管110と同軸的に配置される電流トランスモニタ20に入射する。このとき、電子ビームが電流トランスモニタ20を通過するときの信号がオシロスコープ30に送られる。なお、本実施の形態では、電子ビームは単バンチ（1パルス）で加速されるものとする。

【0050】図1に示すように、電子ビームは偏向装置140により、外部デバイスに出射されるまで、複数ターン（図示のものでは4ターン）、レーストラック型の周回軌道Oeを周回するが、上述したように、電子ビームの時間幅が周回周期よりも十分に短く、単バンチで加速されるために、電子ビームの電流信号が重なり合うことがなく、電流トランスモニタ20を通過する毎に、信号が単発でオシロスコープ30に送られる。なお、電子ビームのパルス幅を考慮すると、オシロスコープ30としては、時間応答特性の良い（ナノ秒以下の時間分解能）ことが望ましい。

【0051】図3に電子ビームが正常に加速された場合の電流波形を示しているが、オシロスコープ30では、この信号を経時的に測定できるので、各ターン（図3のものでは25ターン）毎の電流信号を識別できる。また、各ターンの電子ビームの電流値はオシロスコープ30に現れた波高値から算出できる。従って、オシロスコープ30には、1ターン目から最終ターンまで、総てのターンの電流値をモニタすることができる。更に、電子ビームを単バンチで加速しているために、各ターンでの定量的評価の信頼性を向上させることができる。

【0052】次に、本実施の形態のマイクロトロン10の電子ビーム軌道調整装置50の基本動作及び調整方法について、図2及び図3乃至図6を用い、図1を参照して説明する。図2は、本発明の電子ビーム軌道調整装置50を用いて、電子ビームの軌道を調整する方法を説明するフローチャートである。図4乃至図6は、マイクロトロン10により電子ビームが正常に加速されない場合のオシロスコープ30における電流信号の典型例を示すもので、図4は、マイクロトロン10において、電子の周回

軌道上のステアリング電磁石のパラメータが正常ではない場合を示している。また、図5は、電子ビームの電流量の減衰が著しい場合を示している。同様に、図6は電子ビームの電流信号の時間変動が速い場合を示している。

【0053】先ず、図2に示すように、マイクロトロン10の運転開始(ST1)後、オシロスコープ30からの電子ビームの電流波形の測定も開始する(ST2)。このオシロスコープ30からの電子ビームの電流波形は、電子ビーム電流波形解析用コンピュータ52に送られ、ファイルサーバ54に記憶されている正常な電流波形(図3)と比較される(ST3)。このとき、測定された電流波形が、正常な電流波形と所定の範囲内で一致する場合は、マイクロトロン10の制御系は正常に作動していると判断して、定常運転を持続する(ST4)。

【0054】一方、正常な電流波形と一致しなかった場合は、ファイルサーバ54に記憶されている種々のケースの電流波形との比較を行い(ST5)、ST6でファイルサーバ54に記憶されている正常ではない電流波形と所定の範囲内で一致する場合は、その電流波形に対応する各機器の制御情報に基づき、入射系機器制御用コンピュータ56で入射系機器40を、入射BT系機器制御用コンピュータ58で入射BT系機器を、マイクロトロン操作作用コンピュータ60でマイクロトロン10をそれぞれ制御し(ST7)、定常運転を継続する(ST4)。

【0055】一方、ST6で、オシロスコープ30で測定された電流波形がファイルサーバ54に記憶されている正常ではない電流波形と所定の範囲内で一致しない場合は、正常な電流波形が測定されるまで、入射系機器制御用コンピュータ56で入射系機器40を、入射BT系機器制御用コンピュータ58で入射BT系機器を、マイクロトロン操作作用コンピュータ60でマイクロトロン10を、それぞれ制御し(ST8、ST9、ST10)、その時の電流波形と制御情報をファイルサーバ54に記録する(ST11)し、定常運転を継続する(ST4)。

【0056】以上のような調整方法で制御すれば、測定された電流波形に基づいて即座にマイクロトロン10の制御系を正常になるように制御できる。或いは、制御情報が存在しない場合は、制御情報をファイルサーバ54に記憶するようにしているために、制御情報が随時蓄積され、次回の制御に役立てることができる。即ち、本実施の形態のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整方法によれば、オペレータの記憶や判断に頼ることがなく、マイクロトロン10の各制御系を制御できるため、オペレータの習熟度に依存することなく、速やかに、電子ビームの電流波形に対応してマイクロトロン10を制御することができる。

【0057】次に、具体的なモデルを用いて、オシロス

コープ30で測定された電子ビームの電流波形と調整装置50による電子ビーム軌道調整方法について説明する。先ず、ケース1としては、図4に示すように、電流波形のピークが途中で途切れている場合である。このような場合は、マイクロトロン10を周回する電子ビームの周回軌道に設置される入射BT系機器の主要構成であるステアリング電磁石の励磁電流量などのパラメータが正常ではないことが原因である。図4に示すような電流波形が測定された場合は、入射BT系機器制御用コンピュータ58で、上記した手順を経てステアリング電磁石の励磁電流量を増減して、正常な電流波形が得られるように調整する。

【0058】次に、ケース2としては、図5に示すように、電流波形のピークは総て存在するもののその減衰が著しい場合である。このような場合は、電子ビームの一部が徐々に消滅していることを意味し、マイクロトロン10の加速管110の高周波電力の供給不足が原因である。図5に示すような電流波形が測定された場合は、マイクロトロン操作作用コンピュータ60で、上記した手順を経て加速管110の高周波電力の供給量を増大させて、正常な電流波形が得られるように調整する。

【0059】次に、ケース3としては、図6においてピーク値極小(データ1)、ピーク値極大(データ2)で示すように、電流波形のピーク値の時間変動が速い場合である。このような場合は、入射系機器40の入射用ステアリング電磁石類のパラメータが標準値からずれているのが原因である。図6に示すような電流波形が測定された場合は、入射系機器制御用コンピュータ56で、上記した手順を経て、入射系機器40の入射用ステアリング電磁石類のパラメータを制御して、正常な電流波形が得られるように調整する。

【0060】本発明のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置及び調整方法は、上記実施の形態に限定されず種々の変更が可能である。例えば、上記実施の形態では、電流モニタとして、電流トランスモニタを用いた実施例で説明したが、これを他の、例えば、電流の他に電子ビームの位置も測定できるボタン型ビーム位置モニタを用いるようにしても良い。上記実施の形態では、電子ビーム電流波形解析装置として最適な、オシロスコープを用いた例で説明したが、電流モニタから送られてくる電子ビームの電流波形を経時的に検出できる他の装置を用いるようにしても良い。

【0061】また、制御の調整が必要な機器を抽出し、その機器をマイクロトロンのオペレータに通知する機能を備えるようにしてもよい。このようにすると、一層迅速な対応が可能なマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置とすることができる。

【0062】また、上記実施の形態では、マイクロトロンとして、加速管(或いは加速空洞)の両側に、電子軌道を偏向する電磁石を配置した構成のもので説明した

が、本発明のマイクロトロンの電子ビームのモニタ方法は、この構成のマイクロトロンに限定されないのは勿論のことである。また、電子銃として、フォトカソードタイプのもので説明したが、本発明のマイクロトロンの電子ビームのモニタ方法は、パルス幅が極短の電子ビームを発生できる他の電子銃にも適用可能であることはいふまでもないことである。

【0063】

【発明の効果】本発明のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置及び調整方法は、上記のように構成したために、以下のような優れた効果を有する。

(1) 電子ビーム軌道調整装置を請求項1に記載したように構成すると、オペレータの習熟度に依存しないで、速やかにマイクロトロンと入射系機器及び入射BT系機器を制御できるマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置とすることができる。

【0064】(2) 請求項2に記載したように構成すると、上記効果の他に、電子ビームの電流波形を解析してそれに対応する制御情報を解析記録装置から出力して、即座にマイクロトロンや入射BT系機器及び入射系機器を制御できる。

(3) 或いは、解析記録装置に記録されていない電子ビームの電流波形が測定された場合は、電子ビーム軌道を調整した後、その制御情報が解析記録装置に記憶されるので、調整情報が逐次蓄積され、電子ビーム軌道調整が徐々に簡易かつ高速化することができる。

【0065】(4) 請求項3に記載したように、電流モニタとして、トロイダルコアを備えた電流トランスモニタを用いるように構成すると、電流モニタとして好適なモニタを備えた、マイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置とすることができる。

【0066】(5) 請求項4に記載したように、電子ビーム電流波形測定装置として、オシロスコープを用いるように構成すると、電子ビーム電流波形測定装置として好適なものを備えた、マイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置とすることができる。

【0067】(6) 請求項5に記載したように、制御の調整が必要な機器を抽出し、その機器をマイクロトロンのオペレータに通知する機能を備えるようにすると、一層迅速な対応が可能なマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置とすることができる。

【0068】(7) 電子ビーム軌道調整方法を請求項6に記載したように構成すると、オペレータの習熟度に依存しないで、速やかにマイクロトロンや入射系機器及び入射BT系機器を制御できるマイクロトロンの電子ビーム軌道調整方法とすることができる。

(8) また、電子ビームの電流波形を解析してそれに対応する制御情報を解析記録装置から出力して、即座にマイクロトロンや入射BT系機器及び入射系機器を制御できる。

(9) 或いは、解析記録装置に記録されていない電子ビームの電流波形が測定された場合は、電子ビーム軌道を調整した後、その制御情報が解析記録装置に記憶されるので、調整情報が逐次蓄積され、電子ビーム軌道調整が徐々に簡易かつ高速化することができる。

【0069】(10) 請求項7に記載したように構成すると、一層迅速な対応が可能なマイクロトロンの電子ビーム軌道調整方法とすることができる。

【0070】(11) 請求項8に記載したように、請求項6又は7に記載のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整方法において、電子ビームを単バンチで加速した場合とすると、電子ビームの各ターン毎の電流測定が容易になり、定量的評価の信頼性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のマイクロトロンの電子ビーム軌道調整装置の各構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の電子ビーム軌道調整装置を用いて、電子ビームの軌道を調整する方法を説明するフローチャートである。

【図3】正常な電流波形を示す特性図である。

【図4】電子の周回軌道上のステアリング電磁石のパラメータが正常ではない場合の電流波形を示す特性図である。

【図5】電子ビームの電流量の減衰が著しい場合の電流波形を示す特性図である。

【図6】電子ビームの電流信号の時間変動が速い場合の電流波形を示す特性図である。

【図7】マイクロトロンの概略構成を示す平面図である。

【図8】改良された電子ビームモニタシステムを備えたマイクロトロンの概略構成を示す平面図である。

【図9】電流トランスモニタの動作原理を示す概略構成図である。

【符号の説明】

10：マイクロトロン

20：電流トランスモニタ（電流モニタ）

30：オシロスコープ（電子ビーム電流波形測定装置）

40：入射系機器

50：電子ビーム軌道調整装置

52：電子ビーム電流波形解析用コンピュータ（電子ビーム電流波形解析装置）

54：ファイルサーバ（解析記録装置）

56：入射系機器制御用コンピュータ（入射系機器制御装置）

58：入射BT系機器制御用コンピュータ（入射BT系機器制御装置）

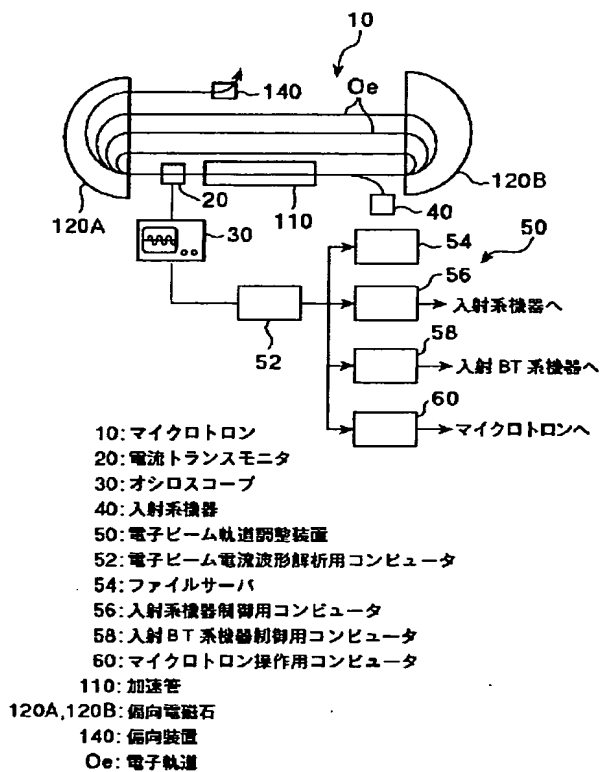
60：マイクロトロン操作用コンピュータ（マイクロトロン制御装置）

110：加速管

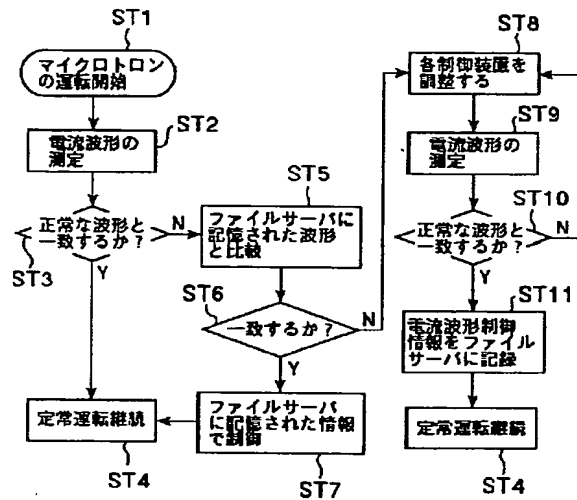
120A、120B：偏向電磁石

Oe: 電子軌道

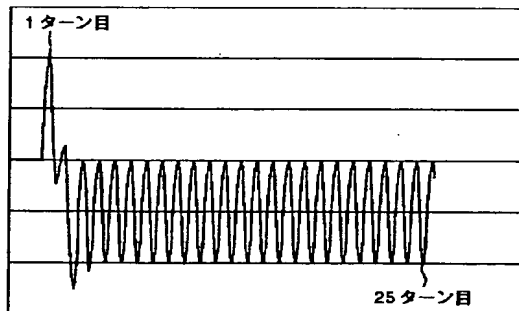
【図1】



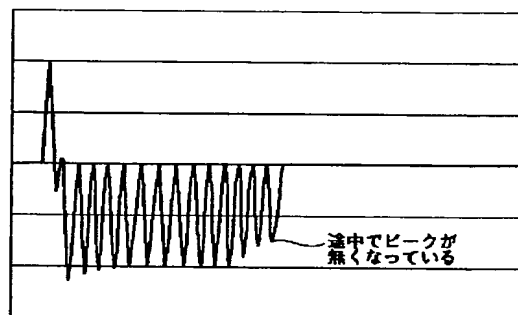
【図2】



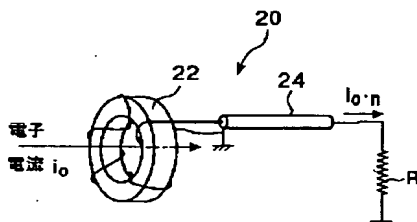
【図3】



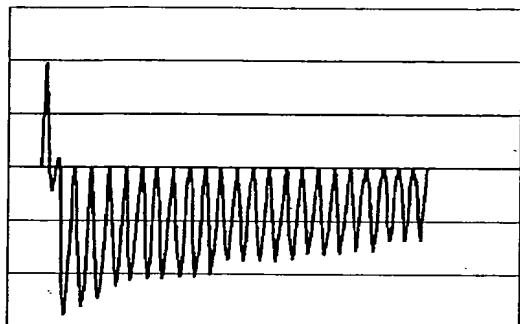
【図4】



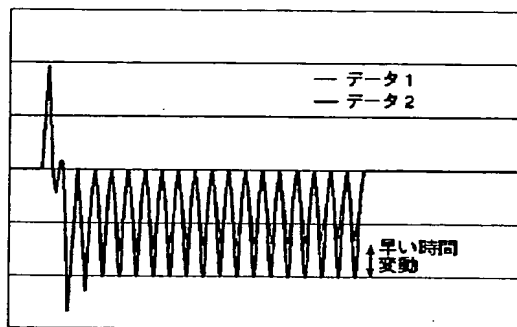
【図9】



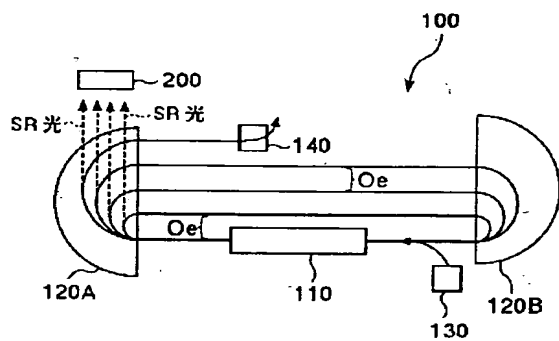
【図5】



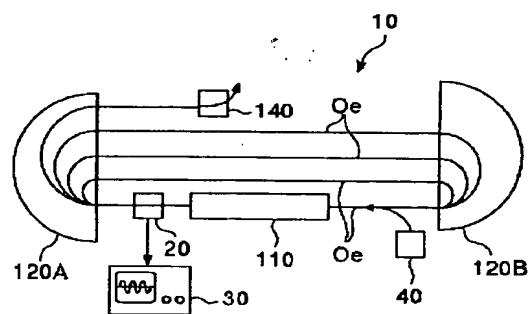
【図6】



【図7】



【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.